

죽령 및 벌채시기에 따른 맹종죽재의 물리적·기계적 특성¹ 안상열² · 신훈재² · 변희섭³ · 박상범⁴ · 공영토⁵

Physical and Mechanical Properties of *Phyllostachys pubescens* According to Growth Age or Felling Time¹

Sang-Yeol Ahn², Hoon-Jea Shin², Hee-Seop Byeon³, Sang-Bum Park⁴
and Young-To Kong⁵

요 약

경남 진주시 가좌동에 위치한 남부임업시험장내의 생육이 양호한 1년산, 2년산, 3년산의 맹종죽을 이용하여 2001년 6월부터 다음해인 2002년 5월까지 실험을 실시하여 죽령과 벌채시기(달별)에 따른 물리적·기계적 성질에 대한 실험 결과는 다음과 같다.

생장부위에 따라서는 상부위에서 밀도, MOEs, MOE_d의 값이 가장 높게 나타났으며, 또한 전체 밀도와 3년생의 MOEs와 MOE_d는 벌채시기가 늦어질수록 점차적으로 그 값이 증가하였다. 그러나 함수율과 1, 2년산의 맹종죽재에서는 뚜렷한 차이점을 보이지 않아 죽령과 벌채시기에 따라서는 아무런 경향을 나타내지 않았다. MOEs와 MOE_d의 상관관계에 있어서 r값은 생재가 0.88, 기건재가 0.92로 나타났으며, MOE_d가 MOEs의 값보다 생재가 18.5%, 기건재가 7%정도 높게 나타났다. 또한 죽령과 벌채시기에 따른 MOEs와 MOE_d가 거의 동일한 경향으로 매우 잘 대응하여 맹종죽재의 탄성적 성질을 평가하는데 있어서 공진주파수를 이용한 비파괴 측정법이 일반 소재와 마찬가지로 맹종죽재의 경우에도 이용 가능하였다.

ABSTRACT

The *Phyllostachys pubescens* planted in the Nambu Forest Experiment was used for this study. The growth ages of the *P. pubescens* were 1, 2 and 3 years, respectively. The experiment was carried out every month in between June of 2001 and May of 2002. The *P. pubescens* were divided into upper, middle and lower parts according to the growing points. The static modulus of elasticity(MOE_s) and dynamic modulus of elasticity(MOE_d) were investigated for the

1. 접수 2003년 2월 20일 Received on February 20, 2003.
2. 경상대학교 산림과학부, Faculty of Forest Science, Gyeongsang Nat'l Univ., Jinju, Korea.
3. 경상대학교 산림과학부, 농업생명과학연구원, Faculty of Forest Science, Institute of Agriculture & Life Science, Gyeongsang Nat'l Univ., Jinju, Korea.
4. 임업연구원 남부임업시험장, Nambu Forest Experiment Station, Korea.
5. 임업연구원 임산공학부, Department of Forest Products, Korea Forest Research Institute, Korea.

physical and mechanical properties of the *P. pubescens*.

The density, MOEs and MOE_d according to the growing points were highest in the upper part of the *P. pubescens*. Generally, density and MOEs and MOE_d of the *P. pubescens* for 3 years grows larger every month. However, moisture content, MOEs and MOE_d of the *P. pubescens* for 1, 2 years had nothing to do with growth ages and felling time. In the case of the relationships between average MOEs and MOE_d, the correlation coefficient was 0.88 in between June of 2001 and May of 2002. Also, MOE_d showed about 18.5% higher than MOEs. Generally, the equally expressed in research that was known that MOE_d of wood is higher than MOEs of wood. Therefore, the MOE_d using a resonance frequency mode is useful as a nondestructive evaluation(NDE) method for predicting the MOE of the *P. pubescens*.

Keywords : *Phyllostachys pubescens*, growth ages, growing points, static modulus of elasticity(MOE_s), dynamic modulus of elasticity(MOE_d), resonance frequency

서론

우리 선조들은 오래전부터 대나무를 삶거나 불에 달구어 죽제품이나, 농경생활, 무기 등의 다양한 형태로 널리 사용하였다. 농경 도구를 제작할 당시에는 오랜 경험을 바탕으로 이루어져 그 명맥을 내려오고 있는 실정이다.

우리나라에 분포하고 있는 대나무 중 경제수종으로는 왕대(*Phyllostachys bambusoides* S. et), 숨대(*Phyllostachys bambusoides nigra* var. *henonis* Stapf), 맹종죽(*Phyllostachys pubescens* Macl)이 주를 이루고 있으며 전라남도과 경상남도에 주로 분포 서식하고 있다.

Hodge의 연구에 의하면 대나무의 단위 면적당 생산량은 southern pine의 6배에 달하며 하루 성장량이 121cm나 되는 지구상에서 가장 빨리 자라는 식물로서 생장기간도 20~50일이 지나면 키가 모두 자란다고 보고하였다¹⁾. 蘇 등에 의한 국산 죽재의 특성에 따르면, 목재에 비하여 결코 뒤지지 않는 우수한 재료라는 사실을 확인할 수 있다^{1,2)}. 특히 우리나라의 대나무가 외국산에 비해 품질이 매우 뛰어나다는 점도 보고하였다²⁾. 鄭·순은 그 중 맹종죽이 竹材와 竹筍을 함께 수취할 수 있기 때문에 왕대나 숨대보다도 경제성이 매우 높다고 보고하였다^{7,8)}.

한편, 최근 대나무의 연구 동향은 계절이나 수령에 따른 대나무의 물리적 특성을 고려하지 않고 대나무를 이용한 평판가공기술이나 보드의 제조에만 의존되고 있는 실정이다^{4,5,10,14,17)}. Mori는 마이크로웨이브조사에 의한 대나무의 평판가공법을 발표하였으나 아직 상업화되지 못하고 있다고 보고하였으며^{15,16)}, 미국과 캐나다의 Lee 등은 대나무를 이용 할죽하여 마루판, 집성재를 개발하였다¹⁴⁾. 또 Fujimoto 등은 합판, 삭편판, 목질복합재료 등의 제조기술을 개발, 신제품을 선보였으며¹⁰⁾, 우리나라의 경우 李 등은 국산 죽재의 기계가공성에 관하여 연구하였으며³⁾, 李 등은 저농도 페놀수지 주입처리에 의한 평죽판 개발을 연구한 바 있다⁵⁾.

Austin·Ueda는 죽순이 나오기 시작해서 체적생장과 길이생장까지 60일에서 70일 정도 걸린다고 보고하였고⁹⁾, Lee·Addis는 직경은 7주정도, 그리고 수고는 11주 걸린다고 보고하였다¹³⁾. 그러나 Itoh는 대나무의 수령에 따라 숙성도(결정화도)가 다르다고 발표하였으며¹²⁾, Zhou는 대나무의 섬유가 최대강도가 되기 위해서는 3~5년 걸린다고 보고하였다¹⁸⁾. 또한 요즈음은 대나무 수액의 효과가 탁월하고 고가로 팔리고 있는 시점에서 수액을 채취하기 위해서는 부득이하게 대나무를 벌채해야 하는

데 여기에서 나오는 대나무를 가공하여 다른 죽제품으로 가공한다면 농가 소득증대에 기여할 뿐만 아니라 효과적인 자원 활용과 이용에도 큰 도움이 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 1년산에서 3년산의 맹종죽을 이용하여 2001년 6월부터 다음해인 2002년 5월까지 매월 중순경에 실험을 실시하여 죽령과 벌채시기(달별)에 따른 물리적, 기계적 성질을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

2.1 공시재료

본 실험에 사용한 공시재료는 경남 진주시 가좌동에 위치한 남부임업시험장내의 대나무 숲에서 생육이 양호하고 수고가 약 15m정도이며, 상부위(끝부분에서 약 6m 아래부분)의 직경이 60mm~67mm, 중부위(상과 下の 중간부분)의 직경이 76mm~82mm, 下부위(지표면에서 약 1m 지점)의 직경이 85m~95m인 맹종죽(*P. pubescens*)을 사용하였다. 이때 사용한 죽령은 1년생, 2년생, 3년생의 것을 사용하여 2001년 6월부터 매달 중순에 각 연도별로 지리적 조건이 거의 동일한 곳의 맹종죽 2본씩 벌채하여 다음해인 2002년 5월까지 매달 실시하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 시험편 제작

죽간이 통직하고 외관이 양호한 맹종죽을 이용하여 각 부분에서 시편치수 150mm(L)×10mm(T)×4mm(R)로 한 본당 각 부위별로 5개씩 제작하여 정적 탄성계수와 동적 탄성계수를 측정하여 두 본의 평균값을 사용하였다. 이때 각 부위에서 인접한 마디의 대나무를 이용하여 전진법으로 함수율을 측정하였으며 밀도는 제작된 시험편을 이용하여 측정하였다. 대나무는 안쪽면과 바깥쪽면의 물리적, 화학적

성질이 다르기 때문에 시험편의 균일성을 위해서 가공시 바깥쪽을 일정한 두께로 가공하고 나머지는 안쪽을 가공하여 두께 4mm로 일정하게 가공하여 평가하였다.

2.2.2 정적 휨탄성계수

정적 휨탄성계수(MOE_s; static modulus of elasticity)는 만능강도시험기(UTM, universal testing machine)를 사용하여 3점하중방식으로 측정하였으며, 이때 스패(span)는 80mm, 하중속도(Cross head speed)는 분당 7.5mm/min로 하여 다음 계산식[1]에 의하여 휨탄성계수를 산출하였다.

$$MOE_s = \frac{\Delta p l^3}{4bh^3 \Delta y} \dots \dots [1]$$

여기서 MOE_s: 정적 휨탄성계수, ΔP : 비례 영역에 있어서 상한 하중과 하한 하중의 차,

Δy : Δp 에 대응하는 스패중앙의 처짐, l : 스패(span), b : 폭(width), h : 높이(height).

그리고 기건재의 휨탄성계수는 실내의 조건에서 기건 후 항온항습(20℃±2, 65%±3) 조건에서 1주일간 조습한 후 생재의 휨탄성계수 측정과 동일한 조건으로 측정하였다.

2.2.3 동적 탄성계수

동적 탄성계수는 sine generator(B&K, 1023), universal counter timer(GSP, 5001)와 oscilloscope(HP, 1740A)로 구성된 양단자유진동장치에 의해 검출기 출력이 최대의 공진폭선을 그릴 때의 최대 주파수카운터를 이용하여 공진주파수와 동적 탄성계수(MOE_d; dynamic modulus of elasticity)를 구하였다. 공진주파수(f)와 동적 탄성계수(MOE_d)는 아래의 식[2]와 [3]에 의해 구하였다.

$$f = f_0(1+ah^2/l^2) \dots \dots [2]$$

여기서 f: 공진주파수, f₀: 주파수카운터의 수치, a: 진동형식에 따라 결정되는 정수로서 8.2 임, l: 시편의 길이(cm), h: 시편의 두께(cm).

$$MOE_d = 48\pi^2 \rho l^4 f^2 / m^4 h^2 \dots [3]$$

여기서 ρ: 비중, l: 시편의 길이(cm), f: 공진주파수, m: 기본진동의 경우 4.73 임, h: 시편의 두께(cm).

결과 및 고찰

3.1 함수율

함수율은 각 부위별 2개의 대나무를 평균화하여 표 1에 나타내었으며, All은 1년산, 2년산, 3년산 죽령의 각 부위의 평균을 나타내었다. 1년산, 2년산, 3년산의 죽령과 벌채시기에 따라서는 특정한 관계가 나타나지 않았지만, 부위에 따른 함수율의 차이는 뚜렷하게 나타났다. 1, 2, 3년의 맹종죽 상부위의 함수율 평균이 가장 낮은 값으로 63.9%, 중부위가 74.7%, 상부위가 90.2%로 가장 높은 함수율을 나타내었다.

이와 같이 부위별에 따른 함수율의 차이는 이 등의 결과와 동일한 경향을 나타내었다⁵⁾.

3.2 밀도

밀도는 동적과 정적 탄성계수 측정에 사용된 시험편 10개를 평균하여 표 2에 나타내었다. 밀도값은 1.00~1.20g/cm³의 범위에 있었으며 표 2의 모든 시험편의 6월달 상부위의 밀도값이 1.07g/cm³에서 다음해인 5월달에는 1.19g/cm³로 중부위 밀도값이 1.06g/cm³에서 1.17g/cm³, 下부위 밀도값이 1.04g/cm³에서 1.16g/cm³로 달이 진행될수록 밀도가 점차적으로 높아지는 경향을 나타내었다. 그리고 부위별로 보면 1, 2, 3년의 맹종죽 상부위의 밀도 평균값이 1.13g/cm³으로 비교적 다른 부위에 비해 높게 나타났으며, 다음으로 중부위가 1.12g/cm³, 마지막으로 상부위가 1.10g/cm³로 가장 낮은 밀도값을 나타내었다. 또한 3년산이 2년산과 1년산에 비해 같은 부위별에서 비교적 높은 밀도값을 나타내었다. 이 역시 이 등의 결과와 동일한 경향을 나타내었다⁵⁾.

Table 1. Average Moisture content of *P. pubescens* planted in Nambu Forest Experiment

Age	Part	Moisture Content(%)													
		JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	AVE	SD
3 years	Upper	60.9	49.3	68.7	56.6	60.8	59.7	57.1	56.3	59.7	55.9	53.5	60.8	58.3	4.8
	Middle	76.3	61.7	80.3	67.7	68.7	65.5	68.4	70.5	68.9	66.9	62.2	64.6	68.5	5.4
	Lower	94.0	75.1	100.2	81.0	98.4	86.4	90.1	95.0	91.4	86.9	77.6	77.0	87.7	8.6
2 years	Upper	55.3	61.2	59.1	52.5	60.1	50.2	57.3	67.5	58.8	93.5	68.2	81.2	63.7	12.5
	Middle	61.8	69.9	65.7	63.3	68.0	61.5	72.0	81.0	69.0	105.7	75.2	98.2	74.3	14.2
	Lower	67.4	85.1	84.8	83.0	85.5	84.7	91.1	97.9	87.4	121.6	102.0	111.6	91.8	14.5
1 year	Upper	77.9	71.3	64.3	63.9	81.9	76.7	60.1	54.6	75.9	70.0	92.8	46.2	69.6	12.7
	Middle	97.4	86.9	72.8	72.9	90.8	96.9	80.8	68.6	88.6	83.3	81.6	53.8	81.2	12.6
	Lower	100.6	96.9	80.8	88.6	98.9	84.6	82.5	80.6	104.4	85.9	121.9	66.9	91.1	14.3
All	Upper	64.7	60.6	64.0	57.7	67.6	62.2	58.2	59.5	64.8	73.1	71.5	62.7	63.9	10.0
	Middle	78.5	72.8	72.9	68	75.8	74.6	73.7	73.4	75.5	85.3	73	72.2	74.7	10.7
	Lower	87.3	85.7	88.6	84.2	94.3	85.2	87.9	91.2	94.4	98.1	100.5	85.2	90.2	12.5

JUN: June, JUL: July, AUG: August, SEP: September, OCT: October, NOV: November, DEC: December, JAN: January, FEB: February, MAR: March, APR: April, MAY: May, AVE: Average, SD: Standard deviation, All: Average of the each part for 1, 2 and 3 years.

Table 2. Average density of *P. pubescens* planted in Nambu Forest Experiment

		Density(g/cm ³)													
Age	Part	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	AVE	SD
3 years	Upper	1.08	1.14	1.04	1.09	1.18	1.19	1.11	1.15	1.17	1.21	1.23	1.16	1.15	0.056
	Middle	1.06	1.14	1.01	1.07	1.17	1.14	1.11	1.12	1.18	1.17	1.22	1.16	1.13	0.059
	Lower	1.04	1.11	1.00	1.06	1.13	1.10	1.07	1.11	1.13	1.15	1.18	1.13	1.12	0.064
2 years	Upper	1.11	1.11	1.06	1.09	1.14	1.18	1.16	1.11	1.19	1.13	1.20	1.12	1.13	0.042
	Middle	1.09	1.11	1.06	1.09	1.15	1.17	1.15	1.12	1.18	1.11	1.19	1.11	1.13	0.040
	Lower	1.07	1.08	1.05	1.07	1.13	1.10	1.11	1.08	1.15	1.10	1.14	1.08	1.10	0.031
1 year	Upper	1.01	1.06	1.03	1.06	1.12	1.10	1.10	1.15	1.14	1.16	1.15	1.12	1.10	0.050
	Middle	1.04	1.04	1.04	1.07	1.13	1.13	1.09	1.13	1.13	1.14	1.10	1.17	1.10	0.045
	Lower	1.00	1.06	1.02	1.04	1.10	1.13	1.06	1.10	1.13	1.14	1.11	1.17	1.09	0.052
All	Upper	1.07	1.10	1.04	1.08	1.15	1.16	1.12	1.14	1.17	1.17	1.19	1.13	1.13	0.052
	Middle	1.06	1.10	1.04	1.08	1.15	1.15	1.12	1.12	1.16	1.14	1.17	1.15	1.12	0.049
	Lower	1.04	1.08	1.02	1.06	1.13	1.12	1.09	1.10	1.15	1.14	1.16	1.14	1.10	0.052

3.3 정적 휨탄성계수와 동적 탄성계수

표 3과 그림 1, 2, 3은 죽령과 달별로 구별하여 부위별로 10개의 시험편의 평균값을 정적 휨탄성계수와 동적탄성계수로 구분하여 나타내었다. 그림 2와 3에서 볼 수 있듯이 죽령에 있어서, 1년산과 2년산에서 달이 증가할수록 정적과 동적 탄성계수 모두 뚜렷한 관계가 나타나지 않았지만, 그림 1의 3년산의 경우 달이 증가할수록 정적과 동적 탄성계수 모두 점차적으로 증가하였다. 부위별에서 밀도와 마찬가지로 상부위가 대체로 높은 값을 나타내었으며, 다음으로 中, 下순으로 탄성계수를 나타내었다. 또한 일반적으로 알려져 있는 것과 같이 본 실험에서도 생재의 MOE_d의 평균값(88,760kgf/cm²)이 MOEs의 평균값(104,580kgf/cm²)보다 약 18.5%정도 높게 나타났으며, 기건재 MOE_d의 평균값(101,000kgf/cm²)이 MOEs의 평균값(107,630kgf/cm²)보다 약 7%정도 높게 나타났다. 또한, 그림 1, 2, 3에서 보는바와 같이 MOEs와 MOE_d가 거의 동일한 경향으로 매우 잘 대응하였다. 그림 4는 MOEs와 MOE_d와의 관계를 나타낸 것으로 r값이 생재의 경우 0.88, 기건재는 0.92로 아주 높은 상관관계를 나타내어 맹종죽재의 탄성계수를 평가하는데 있어서 공진주파수

를 이용한 비파괴 측정법으로도 일반소재와 같이 가능하였다. Takaya의 대나무의 생장 특성에서 연도별에 따른 해부학적인 관찰에서는 많은 차이가 있다고 보고하였으며¹⁹⁾, 이 등의 국내산 대나무를 이용한 특수 보드 제품 개발에 관한 최종보고서에는 왕대, 분죽, 맹종죽에서 공히 수령이 높아질수록 휨강도가 증가한다고 보고하였는데⁵⁾ 본 연구의 1년산과 2년산의 맹종죽재에서는 명확한 차이가 나타나지 않았으나, 3년산의 경우 달이 진행될수록 탄성계수가 증가하여 Takaya와 이 등의 결과와 유사한 결과를 나타내었다^{5,19)}.

그림 4는 생재의 MOEs-MOE_d와 기건재의 MOEs-MOE_d로 구분하여 상관관계를 나타낸 것으로 생재는 r값이 0.88, 기건재의 r값은 0.92로 기건재가 생재의 상관관계보다 약간 높은 값을 나타내었다. 이것은 목재의 물리적 또는 기계적 성질은 결합수의 양에 따라 현저한 영향을 받으며, 목재의 강도, 용적 또는 탄성계수 등은 건조 상태에서부터 섬유 포화점까지는 결합수의 양에 따라 변화되지만, 그 이상의 함수를 범위에서 일정하기 때문에 생재보다 기건재의 탄성계수가 높게 나타난 것으로 생각된다. 죽령에 따른 기건 탄성계수의 경향도 생재탄성계수와 비슷한 경향을 나타내었다.

Table 3. Average of MOEs and MOE_d properties of specimen (unit: ×10³ kgf/cm²)

Age	Part		JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	AVE	SD
3 years	Upper	MOEs	88	101	81	100	110	117	107	94	87	94	98	122	100	0.012
		MOE _d	101	117	86	114	118	137	126	118	109	119	126	113	115	0.013
	Middle	MOEs	75	90	82	91	95	100	84	87	93	84	105	114	92	0.011
		MOE _d	89	115	80	113	109	120	103	102	119	94	130	124	108	0.015
	Lower	MOEs	68	80	51	83	102	81	88	84	94	87	93	100	84	0.014
		MOE _d	79	101	60	103	112	93	103	101	118	109	125	133	103	0.020
2 years	Upper	MOEs	102	100	89	107	107	101	105	84	73	62	81	101	93	0.015
		MOE _d	121	112	99	129	118	125	116	106	93	77	107	108	109	0.015
	Middle	MOEs	89	79	93	89	111	105	100	74	78	51	72	86	86	0.016
		MOE _d	109	100	105	110	126	126	113	100	95	63	95	91	103	0.017
	Lower	MOEs	84	74	75	75	110	83	102	73	78	55	75	90	81	0.014
		MOE _d	101	87	80	92	127	100	113	93	97	66	101	95	96	0.015
1 year	Upper	MOEs	95	100	82	96	100	85	94	108	87	92	75	111	94	0.010
		MOE _d	108	112	94	109	113	106	105	125	108	112	86	128	109	0.011
	Middle	MOEs	75	78	78	79	103	96	86	84	78	79	58	124	85	0.017
		MOE _d	86	94	86	96	100	120	103	104	96	94	88	132	100	0.014
	Lower	MOEs	70	68	71	91	101	95	86	79	87	84	59	131	85	0.019
		MOE _d	88	88	85	94	96	112	99	99	114	99	67	136	100	0.017
All	Upper	MOEs	95	100	84	101	106	101	102	95	82	83	85	111	96	0.012
		MOE _d	110	114	93	117	116	123	116	116	103	103	106	116	111	0.012
	Middle	MOEs	80	82	84	86	103	100	90	82	83	71	78	108	88	0.014
		MOE _d	95	103	90	106	112	122	106	102	103	84	104	116	104	0.015
	Lower	MOEs	74	74	66	83	104	86	92	79	86	75	76	107	83	0.015
		MOE _d	89	92	75	96	112	102	105	98	110	91	98	121	100	0.017

그림 5는 생재의 밀도-MOEs와 밀도-MOE_d와의 상관관계를 나타내었고, 그림 6은 기건재의 상관관계를 나타내었다. 그림 5에서 생재의 밀도-MOEs의 상관관계 r값이 0.39, 밀도-MOE_d의 r값은 0.54로 밀도-MOEs보다 높게 나타났다. 그림 6에서 기건재의 밀도-MOEs의 상관관계 r값이 0.45, 밀도-MOE_d의 r값은 0.82로 이 또한 생재의 경향과 동일하게 밀도-MOEs보다 높게 나타났다. 그리고 그림 5의 생재와 그림 6의 기건재의 상관관계를 살펴보면, 밀도의 관계에서 정적보다는 동적 탄성계수의 상관관계가 높게 나타났으며, 또한 생재보다는 기건재가 높은 상관관계를 나타내었다. 특히, 기건재의 밀도-MOE_d의 상관관계가 0.82로 가장 높게 나타났으며, 이 역시 그림 4의 함수율의 관계에 의한 것으로 생각된다.

결론

경남 진주시 가좌동에 위치한 남부임업시험장내의 생육이 양호한 1년산, 2년산, 3년산의 맹종죽을 이용하여 2001년 6월부터 다음해인 2002년 5월까지 죽령과 벌채시기(달별)에 따른 물리적, 기계적 성질에 대한 실험 결과는 다음과 같다.

1. 함수율은 죽령과 벌채시기에 따라서는 특정한 관계가 나타나지 않았지만, 부위에 따른 함수율 값은 下부위가 가장 높았으며, 中부위, 上부위순으로 작았다.
2. 밀도의 범위는 1.00~1.20g/cm³ 이었고 대체로 죽령과 달이 증가할수록 높아지는 경향을 나타내었다. 특히, 부위별에서 명확하게 나타났는데 이는 함수율과 반대의 경향을 나타내었다.

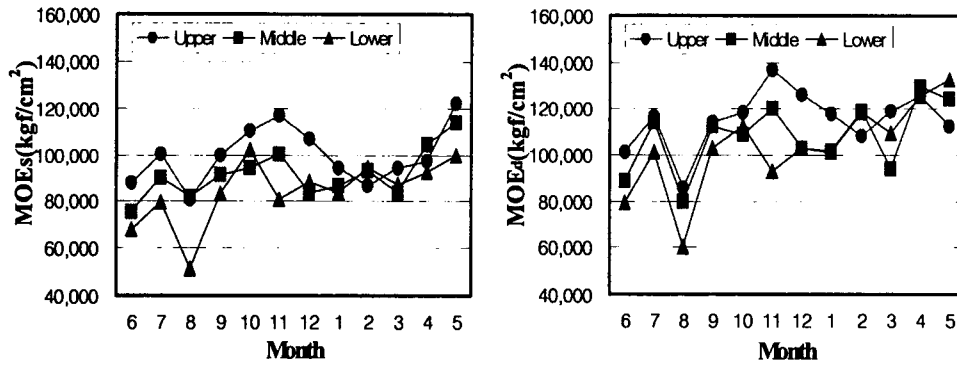


Fig. 1. MOEs and MOE_a of green wood according to felling time for three years.

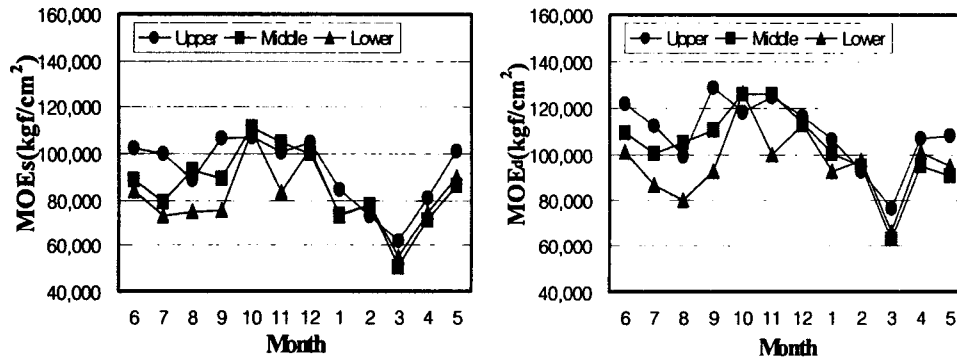


Fig. 2. MOEs and MOE_a of green wood according to felling time for two years.

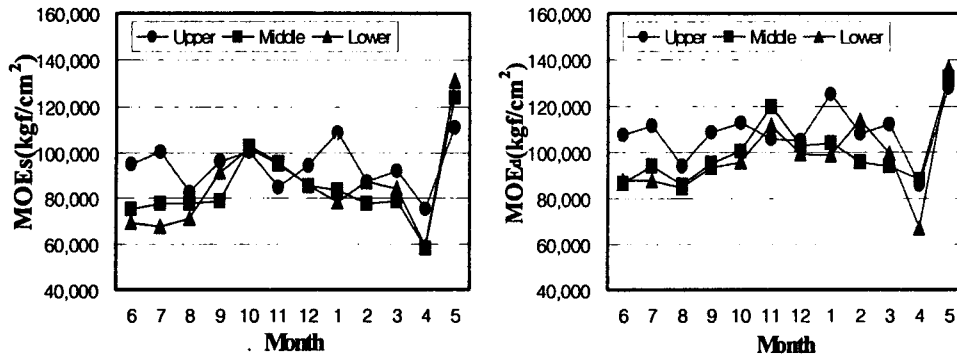


Fig. 3. MOEs and MOE_a of green wood according to felling time for one year.

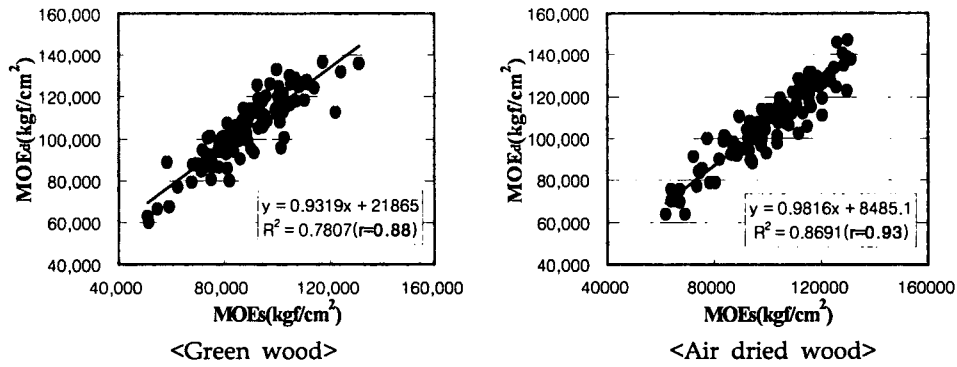


Fig. 4. The relationship between MOEs and MOE_d for green wood and air-dried wood in *P. pubescens*.

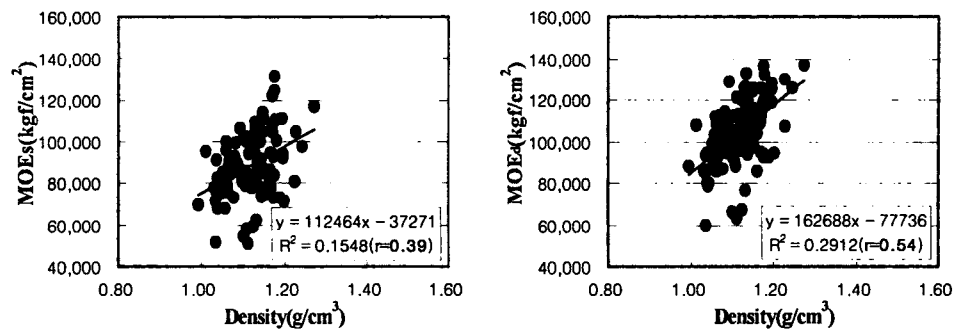


Fig. 5. The relationships between density-MOEs and density-MOE_d for green wood in *P. pubescens*.

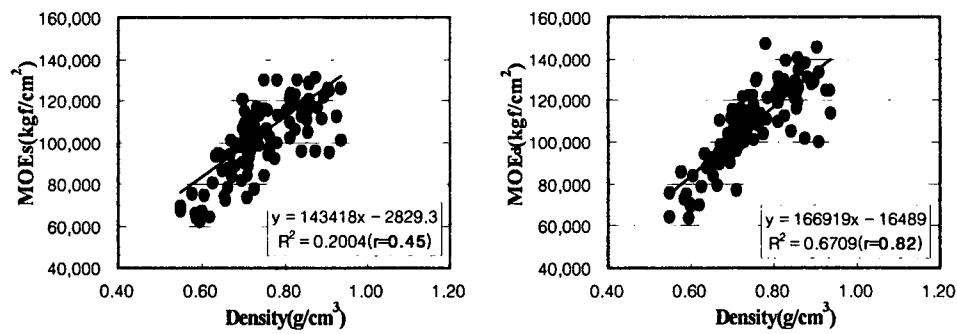


Fig. 6. The relationships between density-MOEs and density-MOE_d for air-dried wood in *P. pubescens*.

3. 탄성계수의 경우 1년산, 2년산의 경우 벌채 시기에 따라서는 명확한 차이가 없었으나, 3년산의 경우달이 증가할수록 탄성계수가 점차적으로 증가하였다. 밀도와 마찬가지로 上이 가장 높은 값을 나타내었으며 中, 下 순으로 낮은 값을 나타내었다.
4. 공진주파수를 이용한 동적탄성계수의 평균 값이 정적탄성계수의 값보다 생재는 18.5%, 기건재는 7%정도 높게 나타났으며, 죽령과 벌채시기에 따라 MOEs와 MOE_d가 거의 동일한 경향으로 매우 잘 대응하여 맹종죽재의 탄성계수를 평가하는데 있어서 공진주파수를 이용한 비파괴 측정법이 일반 소재와 마찬가지로 맹종죽재에 이용 가능하였다.

참 고 문 헌

1. 소원택, 정우양, 이형우. 1996. 담양지역 왕대, 분죽 및 맹종죽의 성장특성. 한국가구학회지 7(1/2) : 29-37.
2. 소원택, 정우양, 이형우. 1997. 담양지역 죽세공예업의 생산성 향상과 소득증대를 위한 죽제품 디자인, 죽재가공 기술개발 및 공정 개선에 관한 연구. 농림수산부 특정연구과제 최종보고서.
3. 이형우, 김병남. 1998. 국산 죽재의 기계 가공성에 관한 연구. 목재공학 27(1) : 56-63.
4. 이화형, 김관의. 2001. 저농도 페놀수지 주입처리에 의한 평죽판 개발(1). 한국가구학회지 12(2) : 30-38.
5. 이화형 외12명. 2001. 국내산 대나무를 이용한 특수 보드 제품 개발에 관한 연구. 농림기술개발사업과제 최종보고서.
6. 정종성, 박남창, 이양우, 원주상. 1989. 한국산 맹종죽 죽순의 성분에 관한 연구. 한국임학회지 78(1) : 55-60.
7. 정종성, 전은일. 1982. 맹종죽의 단간이 발순에 미치는 영향. 임업시험장 연구보고 29: 33-48.
8. 정종성, 전은일. 1983. 맹종죽림 규산질비료 시비시험. 임업시험장 연구보고 30: 75-190.
9. Austin, R. and K. Ueda. 1970. Bamboo. John Weatherhill, Inc. New York. pp. 215.
10. Fujimoto, Y., Y. Nakashima, J. Kawabe, Y. Mataka, and S. Kumon. 1998. Manufacturing of particleboard from bamboo particles-Influence of particle size on properties of bamboo particle-board. Mokuzaï Kogyo 53(5): 212-217.
11. Hodge, W. H. 1961. Bamboo in the United States. USDA Handbook. No 193. US Gov't. Print. Off., Washington, D.C.
12. Itoh. T. 1990. Lignification of bamboo (*Phyllostachys heterocycla* Mitf.) during its growth. *Holzforchung* 44(3) : 191-200.13.
- Lee, A.W.C. and Addis, S.C, 2001.
13. Growth characteristics of moso bamboo in south carolina. *Forest Prod. J.* 51(2): 88-89
14. Lee, A. W. C., X. Bai, and A. P. Bangi. 1998. Selected properties of laboratory-made laminated-bamboo lumber. *Holzforchung* 52: 207-210.
15. Mori, M. 1987. Process of flattening bamboo pieces utilizing microwave heating. *Mokuzaï Gakkaishi* Vol.33(8): 630-636.
16. Mori, M. 1987. The effect of sealing polymers painted on cross-sections of bamboo pieces on internal temperatures during microwave irradiation. *Mokuzaï Gakkaishi* Vol.32(10): 777-781.
17. Wang, D. and S.J. Shen. 1987. Bamboo of China. Timber Press, Portland, Oreg. pp.167.
18. Zhou, F.C. 1991. Mechanical properties of bamboo woods. *Bamboo Res. of China* 10(1): 45-57.
19. 野村降哉. 1980. 竹の生長について. 第35回木研公開講演會において講演. pp. 6-33.